

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS


IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

Method and apparatus for distributed power control in cellular radio systems

Patent Number: EP0687075, A3, B1
Publication date: 1995-12-13
Inventor(s): MITRA DEBASIS (US)
Applicant(s): AT & T CORP (US)
Requested Patent: CN1120293 ✓
Application Number: EP19950303626 19950530
Priority Number(s): US19940255607 19940608
IPC Classification: H04B7/005
EC Classification: H04B7/005B2P
Equivalents: CA2147774, DE69528489D, JP3078471B2, JP7336292, US5551057
Cited Documents: WO9406218; US5267262; EP0548939

Abstract

The present invention discloses a method of and apparatus for regulating the power of signals transmitted by transmitting units, such as mobiles or base stations, that are using the same channel in a cellular radio system. An iterative process is disclosed in which the demands of synchrony and coordination among the transmitting units are relaxed. The power of the signals converges at a geometric rate to optimal transmission powers, where the optimal transmission powers are defined as the minimum powers required to maintain the ratio of carrier power to co-channel interference power at least as large as some pre-fixed target value obtained from quality of service considerations. As a result of relaxing the demands of synchrony and coordination, expensive clock or timing mechanisms are not required, thereby reducing the costs of power control. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95107342.7

[51]Int.Cl⁶

H04Q 7/20

[43]公开日 1996年4月10日

[22]申请日 95.6.7

[30]优先权

[32]94.6.8 [33]US[31]255,607

[71]申请人 美国电报电话公司

地址 美国纽约

[72]发明人 德巴西斯·迈特

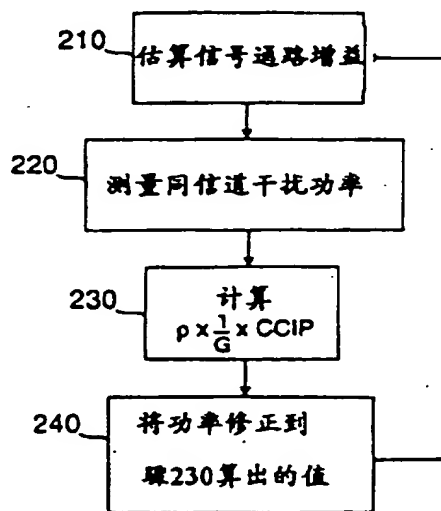
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所
代理人 郭晓梅

权利要求书 8 页 说明书 19 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 蜂窝式无线系统中分布式功率控制的方法和设备

[57]摘要

本发明公开了一种调节象移动台或基站这类在蜂窝式无线系统中使用同一信道的发射设备发射信号的功率的方法和设备。信号功率以几何级数的速度收敛到最佳发射功率，其中最佳发射功率定义为保持载波功率与同信道干扰功率比至少与考虑服务质量得出的某个预定目标值一样大所需的最小功率。由于放宽对同步和协调一致的要求，不再需要昂贵的定时装置，从而降低了功率控制的成本。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种在数字移动无线系统中调节正在与一对应接收站通信的一个发射设备发射信号的功率的方法,其特征在於所述方法包括以下步骤:

(a) 计算发射设备和对应的接收站之间信号通路的增益;

(b) 在该对应接收站测量同信道干扰功率电平;

(c) 计算所述信号通路增益的倒数,所述同信道干扰功率电平,和对应一接收载波与一同信道干扰功率比的最小目标值的预定值的积;

(d) 根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率;

(e) 重复执行步骤(a)、(b)、(c)和(d),其中,连续执行调节信号功率的步骤间的持续时间改变。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在於计算信号通路增益的步骤包括:

以一预定功率电平产生一个从发射设备向对应接收站发射的导频信号;

根据所述导频信号在对应接收站测量收到的功率电平;

将导频信号预定功率电平的倒数,在对应接收站测量的接收功率电平,和与对应接收站有关的增益的倒数一起相乘。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在於还包括从对应接收站向发射设备发射功率控制数据的步骤。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于计算所述积的步骤在对应的接收站进行,而且所述功率控制数据包括所述积。

5. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于所述功率控制数据包括所述信号通路增益,所述同信道干扰功率电平,所述预定值,而且计算所述积的步骤在发射设备中进行。

6. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率的步骤包括调整发射设备发射信号的功率等于所述积的步骤。

7. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率的步骤包括以下步骤:

如果所述积小于一最大允许功率并大于一最小允许功率,调整发射设备发射信号的功率等于所述积;

如果所述积等于或大于所述最大允许功率,调整发射设备发射信号的功率等于所述最大允许功率;

如果所述积等于或小于上述最小允许功率,调整发射设备发射信号的功率等于所述最小允许功率。

8. 一种在数字移动无线系统中调节多个发射设备发射信号的功率的方法,其中所述各个发射设备经同一数字无线信道正在与对应的多个接收站中的一个进行通信,所述方法包括步骤:

(a) 对所述多个发射设备中的每一个设备执行步骤;

(i) 计算发射设备和对应的接收站之间信号通路的增益;

(ii) 在该对应接收站测量同信道干扰功率电平;

(iii) 计算所述信号通路增益的倒数,所述同信道干扰功率电平,和对应一接收载波与一同信道干扰功率比的最小目标值的预

定值的积；

(iv)根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率；

(b)对所述多个发射设备中的各个设备以一异步方式执行步骤(i),(ii),(iii)和(iv)。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于对于所述多个发射设备中的至少一个设备,其连续执行调节信号功率的步骤间的持续时间不同。

10. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于对于所述多个发射设备之一与所述多个发射设备中的至少一个其它设备,它们执行调节信号功率的步骤间存在一相位延迟。

11. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于对于所述多个发射设备之一与所述多个发射设备中的至少一个其它设备,它们以不同速率重复执行调节信号功率的步骤。

12. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于:

(a)对于所述多个发射设备中的至少一个设备,其连续执行调节信号功率的步骤间的持续时间不同;

(b)对于所述多个发射设备之一与所述多个发射设备中的至少一个其它设备,它们执行调节信号功率的步骤间存在一相位延迟;

(c)对于所述多个发射设备之一与所述多个发射设备中的至少一个其它设备,它们以不同速率重复执行调节信号功率的步骤。

13. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于计算一信号通路增益的步骤包括:

以一预定功率电平产生一个从发射设备向对应接收站发射的

导频信号;

根据所述导频信号在对应接收站测量收到的功率电平;

将导频信号预定功率电平的倒数,在对应接收站测量的接收功率电平,和与对应接收站有关的增益的倒数一起相乘。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于还包括从对应接收站向发射设备发射功率控制数据的步骤。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其特征在于计算所述积的步骤在对应的接收站进行,而且所述功率控制数据包括所述积。

16. 根据权利要求 14 所述的方法,其特征在于所述功率控制数据包括所述信号通路增益,所述同信道干扰功率电平,所述预定值,而且计算所述积的步骤在发射设备中进行。

17. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率的步骤包括调整发射设备发射信号的功率等于所述积的步骤。

18. 根据权利要求 13 所述的方法,其特征在于根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率的步骤包括以下步骤:

如果所述积小于一最大允许功率并大于一最小允许功率,调整发射设备信号的功率等于所述积;

如果所述积等于或大于所述最大允许功率,调整发射设备发射信号的功率等于所述最大允许功率;

如果所述积等于或小于所述最小允许功率,调整发射设备发射信号的功率等于所述最小允许功率。

19. 一种安排分布功率控制并使用具有第一和第二频带的双工无线信道的蜂窝式无线系统,所述蜂窝式无线系统包括:

一个第一无线收发信机,包括:

(a)一个接收在所述第一频带发射的无线信号的接收机;

(b)一个在所述第二频带发射无线信号的发射机;

(c)一个具有一天线增益的天线;

(d)在所述第一无线收发信机的接收机测量一同信道干扰功率电平的同信道干扰功率电平电路;

一个第二无线收发信机,包括:

(a)一个接收在所述第二频带发射的无线信号的接收机;

(b)一个在所述第一频带发射无线信号的发射机;

(c)一个存储功率控制数据的存储单元;

(d)一个时钟装置;

(e)一个天线;

为从所述第二无线收发信机向所述第一无线收发信机发射的信号计算信号通路增益的装置;

用于计算(i)所述信号通路增益的倒数;(ii)所述同信道干扰功率电平,和(iii)对应一接收载波与一同信道干扰功率比的最小目标值的预定值的积的装置;

其中所述第二无线收发信机进一步包括由所述时钟装置确定速率,根据所述积调节所述第二无线收发信机的发射机发射信号的功率的发射功率控制电路。

20. 根据权利要求 19 所述的系统,其特征在于计算一信号通路增益的装置包括:

一个在所述第二无线收发信机产生导频信号的导频信号发生器,该导频信号由所述第二无线收发信机以预定功率发射;

在所述第一无线收发信机中与其天线连接、根据第二无线收发信机发射的导频信号检测接收功率电平 of 导频信号检测器电路；

一个在所述第一无线收发信机中存储所述第二无线收发信机发射的导频信号的预定功率电平和所述天线的增益的存储单元；

一个在所述第一无线收发信机中被编程将所述导频信号预定功率电平的倒数、所述导频信号检测器电路检测的接收功率电平和天线增益的倒数一起相乘的处理器。

21. 根据权利要求 20 所述的系统,其特征 在于计算所述积的装置包括:

一个在所述第一无线收发信机中的存储单元,用于另外存储载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益;

所述第一无线收发信机中的处理器另外还被编程执行下列功能:

(a)检索来自所述第一无线收发信机中存储单元的载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益;

(b)指示第一无线收发信机中的发射机发射载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益;和

一个在所述第二无线收发信机中被编程将(i)载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、(ii)所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和(iii)所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益一起相乘的处理器。

22. 根据权利要求 20 所述的系统,其特征 在于计算所述积的装置包括:

一个在所述第一无线收发信机中的存储单元,用于另外存储载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益;

在所述第一无线收发信机中的处理器,其中所述处理器另外还被编程执行下列功能:

(a)检索来自所述第一无线收发信机中存储单元的载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益;

(b)将载波功率与同信道干扰功率比的预定目标值、所述同信道干扰功率电平电路测量的同信道干扰功率电平、和所述计算信号通路增益装置计算的信号通路增益一起相乘。

23. 一种在数字移动无线系统中调节多个发射设备发射信号的功率的方法,其中所述各个发射设备经同一数字无线信道正在与对应的多个接收站中的一个进行通信,所述方法包括以下步骤:

(a)对所述多个发射设备中的每一个设备执行以下步骤:

(i)计算发射设备和对应的接收站之间信号通路的增益;

(ii)在该对应接收站测量同信道干扰功率电平;

(iii)计算所述信号通路增益的倒数,所述同信道干扰功率电平,和对应一接收载波与一同信道干扰功率比的最小目标值的预定值的积;

(iv)根据所述积的值调节发射设备发射信号的功率;

(b)对所述多个发射设备中的各个设备,以不需要多个发射设备间以同步或协调一致的方式重复执行步骤(i),(ii),(iii)和(iv)。

说明书

蜂窝式无线系统中分 布式功率控制的方法和设备

本发明一般地讲涉及蜂窝式无线系统中的功率控制。更具体地说,本发明涉及对使用同一信道的蜂窝式无线发射设备所发射的信号功率进行调节的方法和设备。

一个蜂窝式移动无线系统可以包括多个网孔,每个网孔至少有一个同时与许多移动台或设备通信的基站。例如,当这些移动台用于呼叫目的时,通过网孔中的基站发射和接收无线信号完成基站和移动站间的信号传送。

有效信道重复使用在使用频分多址(FDMA)或时分多址(TDMA)技术这类大容量蜂窝无线系统的设计中特别重要。然而,在多网孔环境中,频率重复使用造成的同信道干扰是限定系统容量唯一主要因素。特别是,信号经长距离后经受的衰减不足以使网孔相互隔离。

一种采用发射机功率控制来控制同信道干扰的方法已经引起注意。其基本设想是在每个基站移动站链路中调节发射机功率以使在其它接收机地点的干扰电平最小。然而,在通信链路上保持发射质量是一关键约束因素。例如,如果一个移动台发射的信号以太低的功率电平到达基站的接收机,比特差错率则会太高以至不能提供高

质量通信。但是,如果一个特定的移动台发射的信号以太高的功率电平到达基站的接收机,该大功率将干扰共用同一信道的其它基站发射的信号。因此,如果每个移动台的发射机功率被控制在发射机信号以能使接受的数据恢复的最低信号噪声干扰比到达基站,则系统容量达到最大。

在早期的功率控制工作发现载波干扰比(CIR)是蜂窝式系统设计中一种测量质量的好方法。Aein 在文章中介绍了卫星系统领域中的 CIR 平衡概念。J. M. Aein, “采用频率重复使用的系统中的功率平衡” *COMSAT Tech. Rev.*, vol. 3, no. 2, pp. 277—300(1973), 该篇文章和这里涉及的所有其它出版物作为参考引入。功率平衡方法目的在于在所有通信链路中达到相同的 CIR。在 R. W. Nettleton 和 H. Alavi 另一篇题为“用于扩频蜂窝式移动无线系统的功率控制” *Proc. IEEE Vehic. Tech. Conf.*, VTC—83, pp. 242—246(1983)的文章中,该平衡概念被使用在蜂窝式无线通信的文章中。

近来的工作已着重在分布即局部控制。在一个分布功率控制系统中,只使用局部测量控制每个发射机的功率电平以使所有接收机最终满足给定的 CIR 要求。由于集中功率控制涉及到增加基本设施和网络易损坏性,因此,分布功率控制特别有利。

分布功率控制领域中的数学分析采用两种不同的途径。第一种涉及使最小的 CIR 极大化。例如, J. Zander, 在“蜂窝式无线系统中最佳发射机功率控制的特性” *IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 41, no. 1, pp. 57—62(1992)一文中,提出了一种在无接收机噪声的情况下的迭代方案,以使给定数量的用户的信号功率达到他们能够共同达到的最大 CIR。但是,该方法忽略了接收机,热和外部噪声,而且发

射机功率矢量收敛到一个比例常数内。

第二种方法考虑到噪声的存在并要求设置所有链路的 CIR 不低于某一预定目标作为其目的,该预定目标是通过考虑服务质量确定的。例如,G. J Foschini,在“一种简单分布自主功率控制算法和其收敛”*IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 42. no. 4, pp641—646(1993)一文中提供了一种所有用户以迭代方式同时进行同步算法将他们对应的功率电平重调到具有每个用户需要的接受特性的电平。每个用户好象是在其他用户将不改变他们的功率电平的情况下进行的。该分布同步算法按指数收敛。

Foschini 讨论的模式要求在各个用户中的同步。然而,当加入同步要求时,将增加蜂窝式无线系统中功率控制的费用。为达到同步,必须使用昂贵的时钟或定时装置。另一方面,可以使用便宜的时钟装置和 象锁相环这样的反馈形式一起达到同步功能。这两种情况中,获得的功率控制的费用都随同步程度的增加而增加。

包括在蜂窝式无线系统中实施功率控制方法的系统已经被提出。美国专利 No. 5,267,262 公开了一种用于使用码分多址(CDMA)技术的蜂窝移动电话系统的功率控制系统。其中包括对由一个特定移动设备产生并在其与之进行通信的特定基站接收的功率进行控制的装置。移动设备发射的功率在基站接收时被测量。将测出的信号强度与该特定移动设备所需的信号强度电平进行比较。产生一个功率调节命令并送到该移动设备。移动设备响应基站的功率调节命令,将移动设备发射机功率增加或降低一预定数量,通常小于 1dB。然而,采用 CDMA 的系统不使用信道。因此,尽管使用功率控制在大系统容量和高传送质量之间进行平衡的目的很重要,但是

重复使用有效信道的想法与采用 CDMA 技术的系统无关。

美国专利 No. 5,241,690 也公开了一种在数字移动电话系统中调节功率的方法。调节移动设备或基站的输出功率以使发射功率保持在一个最佳电平。收集信号强度和传送质量的测量值,并计算它们的平均值。在一个时间的未来点(*future point*)计算信号强度和传送质量的预期值。根据这些预期值调节一个未来时间的传送功率。当预期发射质量低于要求时,增加发射功率,当预期质量高于最高允许质量时或当预期信号强度大于最大允许值时,降低传送功率。

本发明揭示了一种在数字移动无线系统中对从多个蜂窝式无线发射设备发射的信号功率进行调节的方法和设备,其中每个发射设备正在经同一数字无线信道与一个相应的蜂窝式无线接收站通信。本发明的方法包括如下步骤:对所述多个发射设备中的每一个设备执行一个修正程序,并对所述多个发射设备中的每一个设备以不要求多个发射单元同步或协调一致的方式反复地执行所述的修正程序。该修正程序包括步骤:计算发射设备和对应的接收站之间信号通路的增益,并在对应的接收站测量同信道干扰功率电平。更新程序还包括步骤:计算信号通路增益的倒数、同信道干扰功率电平、以及与接收的载波功率和同信道干扰功率比的最小目标值对应的预定值的积。该修正程序进一步包括步骤:根据该乘积值调节发射设备发射的信号功率。

本发明的其它特性和优点通过参考下面的详细说明和附图将是非常明显的。

图 1 是一个特别有利于本发明方法的典型的蜂窝式移动无线系统。

图 2 是按照本发明的方法调节蜂窝式无线系统中一个移动台发射的信号功率的修正程序步骤流程图。

图 3A 是以同步和协调一致方式调节多个移动台发射的信号功率的典型时序图(timing diagram)。

图 3B 至 3E 是以不需在移动台间同步的方式调节多个移动台发射的信号功率的典型时序图。

图 4 是按照本发明的方法优选执行的修正程序的流程图。

图 5 示出了按照本发明的一个典型移动台和基站对的第一实施例。

图 6 示出了按照本发明的一个典型移动台和基站对的第二实施例。

图 1 是一个特别有利于本发明方法的典型的移动蜂窝式无线系统。图 1 示出了它们具有对应的地面基站 10—16。图 1 的系统 1 还包括五个可以在一个网孔中以及从一个到另一个网孔移动的移动台或移动设备(mobile)20—24。移动设备例如可以是便携蜂窝电话设备,虽然图 1 只给出七个基站和五个移动台,但是,象系统 1 这样的蜂窝系统一般可以有几百个为数万个移动电话服务的基站。移动系统 1 还包括至少一个为所有基站 10—16 和移动台 20—24 所共有的双工无线信道。该信道的实际实施可以采用,例如,频分多址(FDMA)技术或码分多址(TDMA)技术。双工信道可以使两个方向同时进行电话通话。它通常是采用一个频带用于出站链路或从基站的发射机向移动设备的接收机传送,另一个频带用于入站链路或从移动设备的发射机向基站的接收机传送来实现的。

图 1 的系统 1 还包括一个系统控制器和交换机(switch)30,控

制器 30 通过专用电话线, 光纤链路或射频通信这类的适当通信媒体连接到基站 10—16。为清楚起见, 只给出了一个连接系统控制器 30 和基站 11 的接线 40。可以理解, 在控制器 30 与剩余的基站 10 和 12—16 之间存在着类似的接线。为向适当的移动台传送, 控制器 30 控制从一个公共电话交换网向适当的基站的电话呼叫路由 (routing)。控制器 30 还控制经至少一个基站从移动台向公共电话交换网呼叫的路由。

对于本领域的技术人员, 许多数字蜂窝式移动无线系统是已知的。同样, 数字移动无线系统使用的基站和移动台也是本领域中所熟知的。非本领域的技术人员需要有关使用 TDMA 的数字移动无线站的资料, 可参考 EIA/TIA, 蜂窝式系统, 双模移动台—基站兼容标准, IS-54。

本发明涉及一种如下所述的控制或调节移动台和基站间传送信号的功率的方法以将该功率电平保持在最佳电平。本发明总的实施目的是当为每个链路将载波干扰比 (CIR) 保持在至少与某个预定目标值 P 一样大时, 将发射机的功率减到最小, 预定目标值 P 是通过考虑服务质量得出的。这里, CIR 定义为特定基站或移动设备接收的载波功率除以该基站或移动设备总的同信道干扰功率 (CCIP)。满足实施目的的发射机的最小功率是发射机发射的最佳功率电平。

随后的讨论中考虑入站链路。可以理解该讨论仅作为例子, 本发明的方法也可用于出站链路。

因此, 在随后的讨论中, 象移动设备 20 这样的移动台可以称为发射设备, 象基站 11 这样的基站可以称为接收站, 应该理解, 移动台和基站的作用可以调换, 移动台和基站可以既作为发射设备又作

为接收站。为了便于说明,进一步假设在时刻 T_0 图 1 中的每个移动设备 20—24 在同一信道上正在与不同的基站 10—16 通信。例如,移动设备 20 正与基站 11 通信。同样,每个移动设备 21, 22, 23 和 24 正在分别与基站 13, 15, 16 和 14 通信。在时刻 T_0 , 移动设备 20 正在以平均功率 $P(T_0)$ 向基站 11 发射。基站 11 从移动设备 20 接收的载波功率可以写作 $C = G \times P(T_0)$, 其中 G 是移动设备 20 和基站 11 间链路的入站的信号通路的增益。

图 2 是按照本发明的方法调节移动台或其它发射设备传送功率的修正程序步骤流程图。在后面的讨论中将传送功率被调节或正在被调节的移动台称作修正移动台。按照本发明的方法,在步骤 210 计算修正移动台(例如移动台 20)和其正在与之进行通信的基站(这里是基站 11)之间的入站信号通路的增益 G 。如步骤 230 所示,基站 11 的同信道干扰功率电平 $CCIP$ 也被测量或计算。接着,如步骤 230 所示,计算 CIR 预定目标值与算出的信号通路的增益的倒数以及测出的同信道干扰功率电平的积。得出的乘积值是移动台 20 应该调整发射的功率电平。步骤 240 中,修正移动台 20 将其发射信号的功率修改为前一步算出的值。接着时刻 T_0 , 在时刻 T_1 的功率调整修正了移动台 20 的发射功率,移动设备的发射功率的修正可以归纳为在其发射功率的增加,降低,或不变。对于移动台 20,图 2 所示的修正程序是重复进行的,不增加如下所述的同步要求。

对于其它各个移动台 21—24 也重复执行步骤 210—240,对每个移动台或发射台设备实施功率修正程序是在不对各个移动或发射设备中增加如再下一步所述的同步和协调一致要求的情况下进行的。

图 3A 给出同步情况,其中所有移动台 20—24 在同一时刻同时修正其对应的传送功率,连续功率修正之间的持续时间保持相同。图 3A,3B, 3C,3D 和 3E 中“X”表示修正或调节特定发射设备的传送功率的时刻。

对于图 3A 所示的同步和协调一致要求,可以作为几项放宽 (relaxation)。一项放宽的是通过取消连续功率修正之间或修正程序连续循环之间的持续时间保持不变的要求达到的。这种情况如图 3B 所示,其中连续功率修正之间的持续时间不同。当移动设备 20—24 继续协调一致其对应的传送功率修正时,连续功率修正之间的持续时间不需保持不变。

如图 3C 所示,另一项放宽是通过取消所有移动设备 20—24 同时修正其对应的传送功率的要求达到的。当每个移动设备 20—24 以与其它移动设备同样的恒速修正其传送功率时,实际上,在一个移动设备的功率修正与至少一个其它移动设备的功率修正之间存在相位延迟。因此,移动设备 20—24 的相位延迟可能是不同的。

对于同步要求的另一项放宽是通过取消所有移动设备 20—24 以相同速率修正其对应的传送功率,或所有移动设备 20—24 以相同速率重复执行修正程序的要求达到的。图 3D 示出这种情况。对于一个特定移动设备,功率修正速率保持恒定。但移动设备之间传送功率的修正速率可以不同。

当然,应该理解,根据同步或协调一致要求可以产生符合本发明范围的其它放宽项。特别是允许上述放宽项的任意组合,例如图 3E 所示的情况。

还应该理解以非同步方式修正传送功率或执行修正程序不要求

连续功率修正之间的持续时间完全随机或不尝试各传送设备间的协调一致。特别是,这里描述的功率修正 ad 最好以大约每毫秒一次的速率进行。该速率允许跟踪每小时在 20—50 英里范围内移动的车载设备在 850MHz 频带进行移动通信的信号衰落过程。因此,一个特定发射设备中的连续功率修正间持续时间的间隔大致保持不便,或各发射设备间大致相同。以非同步方式修正传送功率或执行修正程序只需如图 3A 所示,在某个时间间隔传送设备之间不完全同步或协调一致。此外,还应该理解,对于每个接收站,通过考虑服务质量得出的 CIR 目标值可以不同。

如前所述,按照步骤 210—240 改变或修正移动设备传送功率电平的方法的特性和优点是:功率电平以几何速率收敛到最佳功率电平,即使放宽同步和协调一致的要求仍然如此。这样,每个移动设备或发射设备以可使接受数据还原的功率电平发射信号时可以改善系统容量。

本发明功率控制方法的另一个重要特性是通过放宽对各发射设备间隔一致或同步的要求,放宽了对严格时钟同步的需求。放宽要求严格时钟同步的意义在于不再需要昂贵的时钟或定进装置,从而降低移动台和基站的成本。

本发明方法的另一个特性是即使出现一般发生在卫星系统中的无法预料的有界(*bounded*)传播延迟,仍会发生收敛。例如,假设使用一特定信道的所有移动设备已经修正了一次其对应的功率。一个特定移动设备向基站发射时,在该基站以干扰工率形式接收其它移动设备第一次功率修改结果之前,该特定移动设备可以第二次修改其功率。因此,该特定移动设备根据基站测定的不反映其它移动设

备前一次修正的功率电平的干扰功率调节其传送功率。尽管如此，传送功率以几何速率快速收敛到最佳功率电平。然而，应该理解，传播延迟中的约束越小，几何收敛的速率越快。

收敛特性数字分析

本发明方法的收敛特性表示如下。

实施目的是达到

$$(CIR)_i \geq \rho \quad (i=1, 2, \dots, M) \quad (1)$$

其中 $(CIR)_i$ 是第 i 条链路的 CIR ， ρ 是考虑服务质量得出的预定目标值， M 是使用同一信道的移动台至基站链路的数量。上面的等式(1)中，

$$(CIR)_i = \frac{G_{ii}P_i}{\sum_{j \neq i} G_{ij}P_j + V_i} \quad (2)$$

其中 P_i 是第 i 个移动设备发射的功率， G_{ij} 是第 i 个基站和第 j 个移动台间的增益， V_i 是局部附加外部噪声功率。等式(1)表示的实施目的可以与等式(2)组合以下面的矩阵形式表示：

$$[I - \rho F] P \geq u, \quad (3) (a)$$

$$P \geq 0, \quad (3) (b)$$

其中 P 是发射机功率向量， I 是 $M \times M$ 单位矩阵， F 是下面的非负矩阵，

$$F_{ij} = 0 \quad \text{如果 } i=j$$

$$F_{ij} = G_{ij}/G_{ii} \quad \text{如果 } i \neq j$$

u 是具有各元素的向量

$$u_i = \rho V_i / G_{ii} \quad (1 \leq i \leq M).$$

假设 F 不可约, u 为元素式 (element-wise) 正量, 换句话说, $u > 0$, 如果至少存在一个解向量 P , 可以得出等式 (3) 的解。

等式 (3)(a) 中, 矩阵 $[I - PF]$ 有非负非对角项。这类矩阵在许多应用中出现过并被广泛地研究过。下面的论据是根据标准结果和论据得出的。

非负不可约矩阵 F 的 *Perron-Frobenius* 特征值, 即最大模的特征值, 为一次 (simple) 正量实数, 用 τ_F 表示, 对应的特征值 W 为元素式正量, 换句话说,

$$FW = \tau_F W, \quad W > 0. \quad (4)$$

同样, 下面的论据相同:

- (i) $\rho\tau_F < 1$;
(ii) 等式 (3) 的解存在;
(iii) $[I - \rho F]^{-1}$ 存在并且是元素式正量。

如果论据 (5) 成立, 等式 (3) 的一个特定解是 P^* , 其中

$$P^* = [I - \rho F]^{-1} u \quad (6)$$

该解是巴利多 (Pareto) 最佳值, 其中满足 (3) 的任何其它 P 要求每个发射机至少同样的功率而且至少一个发射机的功率要更大, 换句话说, $P \geq P^*$ 。

对于 (6) 中的功率分配, 每条链路的 CIR 是 ρ , 换句话说, 根据要求的服务质量在等式 (1) 中允许 CIR 与 ρ 同样低。

非同步功率改变模式如下:

$$P_i(n+1) = \rho \sum_{j=1} F_{ij} P_j(n-d(n, i, j)) + u_i \text{ 如果 } i \in U(n) \quad (7)$$

$$P_i(n+1) = P_i(n) \text{ 如果 } i \notin U(n).$$

这里 n 是用户功率中的“修正”系数。修正是指至少一个移动设备改

变其功率的事件。集合 $U(n)$ 表示同时进行修正的移动设备的系数集，因此 $U(n)$ 是 $(1, 2, \dots, M)$ 的一个子集，修正范围可以从只有一个移动设备改变其功率到所有移动设备同时修正其对应功率。连续修正间经过的时间是随机的。

等式(7)中“延迟项” $d(n, i, j)$ 为非负有界整数。在第 i 条链路第 n 次和第 $(n+1)$ 次修正功率的间隔中，其它链路可能使其功率被修正了不止一次。设 j 为任何这类链路的系数。该情况通过使 $d(n, i, j)$ 等于修正次数映入等式(7)中的模式。

进一步假设：

$$(A1) P_i(0) > 0 \quad (i=1, 2, \dots, M);$$

(A2) 延迟项均匀有界，换句话说，

$$d(n, i, j) \leq d < \infty \quad (n \geq 0; 1 \leq i \leq M; 1 \leq j \leq M); \text{ 和}$$

(A3) 存在的有限整数 s 使移动设备在每 s 个连续修正中至少修正其功率一次。

下面的证法总的思想是按行对角优势适用于扩展系统，其中考虑到最不利的延迟情况 d ，增加状态向量的维数，对角优势在下面的等式(9)中提供了固有(natural) Lyapunov 函数。

建议如果除假设 (A1)、(A2) 和 (A3) 外叙述(5)成立，等式(7)中同步模式成几何级数快速收敛。换句话说，

$$\|x_d(n)\| \leq c(\rho\tau_f)^c \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad (8)$$

其中根据 Perron—Frobenius 特征向量 ω 定义范数：

$$\|x_d(n)\| = \max_{0 \leq \delta \leq d} \max_{1 \leq i \leq M} |P_i(n-\delta) - P_i^*| / \omega_i, \quad (9)$$

$$c = \lfloor n / (d+s) \rfloor \text{ 和 } c = \|x_d(0)\|.$$

通过下面的证法可以证明其收敛特性。从等式(7)和等式(6)中 P^* 的

定义,得到

$$\begin{aligned} x_i(n+1) &= \rho \sum_{j \neq i} F_{ij} x_j(n-d(n, i, j)) \quad \text{如果 } i \in U(n) \\ x_i(n+1) &= x_i(n) \quad \text{如果 } i \notin U(n) \end{aligned} \quad (10)$$

其中 $x_i(n) \triangleq P_i(n) - P_i^*$ ($i=1, 2, \dots, M$); ($n=0, 2, 1, \dots$).
如果 $i \in u(n)$, 则

$$\begin{aligned} |x_i(n+1)| &\leq \rho \sum_{j \neq i} F_{ij} \frac{|x_j(n-d(n, i, j))|}{\omega_j} \omega_j \\ &\leq \rho \|x_d(n)\| \sum_{j \neq i} F_{ij} \omega_j \\ &\leq \rho \tau_F \|x_d(n)\| \omega_i. \end{aligned}$$

最后一个等式可改写为

$$|x_i(n+1)| / \omega_i \leq \rho \tau_F \|x_d(n)\|. \quad (12)$$

还有

$$|x_i(n+1)| / \omega_i \leq \|x_d(n)\| \quad \text{如果 } i \notin U(n).$$

因此, $\|x_d(n)\|$ 不随 n 的增加而增加。

下一步, 可以将其表面成

$$\max_{1 \leq i \leq M} \{|x_i(n')| / \omega_i\} \leq \rho \tau_F \|x_d(n)\| \quad (0 \leq n \leq n' - s). \quad (13)$$

为证明等式(13), 在一系列连续修正 $[n' - s, n' - 1]$ 中, 要注意第 i 条链路的功率必须至少修正一次。如果最后一次修正标为 τ , 则

$$|x_i(n')| / \omega_i = |x_i(\tau+1)| / \omega_i \leq \rho \tau_F \|x_d(\tau)\| \leq \rho \tau_F \|x_d(n)\|.$$

从等式(13)和等式(9)中的定义,

$$\|x_d(n')\| \leq \rho \tau_F \|x_d(n)\| \quad (0 \leq n \leq n' - (d+s)). \quad (14)$$

等式(8)和等式(9)中的建议是从等式(14)直接得出的。

图4是本发明方法优选实施例的流程图,一种估算信号通路增益的典型方式是使用本领域熟知的导频信号。步骤305中,例如,移动设备20以预定功率电平产生一个导频信号。步骤310中,从移动设备20发射该导频信号,基站11接收,步骤315中,测量其功率电平。步骤320中,基站11利用该测量结果与移动设备20发射的导频信号的预定功率电平和基站11的天线增益一起,通过将移动设备20发射的导频信号的预定功率的倒数与步骤315测出的接收功率和基站天线增益的倒数相乘计算信号通路的增益。

在步骤335,在基站11测量或计算同信道干扰功率电平(CCIP)。在步骤340,计算CIR预定目标值与算出的信号通路的增益的倒数以及测出的同信道干扰功率电平的积。接着,在步骤342,将包括算出的乘积值的功率控制数据发射到移动设备20。可替换是:在步骤344,基站11首先向移动设备20发射功率控制数据以代替刚刚提到的步骤340和342。该数据包括算出的信号通路的增益。测到的同信道干扰功率电平和CIR的预定目标值。然后,在步骤346,移动设备20计算CIR预定目标值与算出的信号通路的增益的倒数以及测出的同信道干扰功率电平的积。两种方案的主要区别在于是由基站11还是由移动设备20计算该乘积。

在步骤355中,移动设备20确定算出的乘积是否大于该移动设备最大许可功率电平。如果算出的乘积大于最大许可功率电平,则如步骤360所示将该移动设备的功率改变或修正到最大许可功率电平。如果算出的乘积不大于最大许可功率电平,则在步骤365,移动设备20确定算出的乘积是否低于该移动设备最小许可功率电平。

如果算出的乘积低于最小许可功率电平,则如步骤 370 所示将该移动设备的功率改变或修正到最小许可功率电平。最后,在步骤 375,如果算出的乘积不低于最小许可功率电平,移动设备 20 将其传送功率电平改变成算出的乘积。一旦移动设备 20 在步骤 360、370、375 中任何一步改变或修正其传送功率电平,整个过程在步骤 305 重新开始。如上所述,其它各个移动设备 21—24 也按照该程序调节其发射信号的功率。

图 5 说明用于实现本发明的一对典型无线收发信机 400 和 401 的第一个实施例。每对无线收发信机 400 和 401 可以分别作为系统 1 中的基站和移动设备。例如,无线收发信机 400 可以作为基站,无线收发信机 401 可以作为移动设备 20。应该理解,两个无线收发信机的作用可以互换。进一步假设无线收发信机 400 和 401 可经一全双工无线信道通信。为此目的,无线收发信机 400 有一个接收无线收发信机 401 在第一频带发射的无线信号的接收机 410,和一个在第二频带向无线收发信机 401 发射无线信号的发射机 412。同样无线收发信机 401 有一个接收无线收发信机 400 在第二频率带发射的无线信号的接收机 450,和一个在第一频带发射无线信号的发射机 452。

无线收发信机 401 有一个连接接收机 450 和发射机 452 的天线 455。一个产生导频信号的导频信号发生器 460 连接天线 455,无线收发信机 401 以一预定功率电平发射该导频信号。无线收发信机 401 还有一个存储象从无线收发信机 400 接收或在无线收发信机 401 中计算的功率控制数据这类信息的存储单元 465。存储单元 465 连接接收机 450。图 5 所示的第一实施例中,存储单元 465 有分别用

于存储算出的信号通路增益、测出的同信道干扰功率电平、和 CIR 预定目标值的存储器 466—468。

存储单元 465 接到一个象中央处理器这类的通用处理器 475。功能元件 476 为处理器 475 编程, 响应从一时钟或定时装置 472 接收的电信号检索目前存储在存储单元 465 中的功率控制数据。时钟装置 472 一般以近似恒速向处理器 475 提供信号。时钟装置 472 可以是一便宜的非同步定时装置。功能元件 477 也为处理器 475 编程以计算 CIR 预定目标值、测出的同信道干扰功率电平和算出的信号通路的增益的倒数的积。另外还用功能元件 478 为处理器 475 编程以确定得出的积是否大于一最大允许功率或小于一最小允许功率。如果得出的积大于最大允许值, 处理器 475 通过调整其等于最大允许值改变得出的积。同样, 如果得出的积小于最小允许值, 处理器 475 通过调整其等于最小允许值改变得出的积。其它情况下, 处理器 475 不改变得出的乘积值。

处理器 475 的一路输出连接发射功率控制电路 471。发射功率控制电路 471 连接发射机 452, 根据功能元件 477 和 478 确定的值调节发射机 452 发射信号的功率。结果是发射功率控制电路 471 这样调节发射机 452 发射信号的功率: 当得出的积在最大和最小功率电平范围内时, 发射机 452 发射信号的功率乘天线 455 的增益等于处理器预先算出的乘积值。

无线收发信机 400 也有一个连接接收机 410 和发射机 412 的天线 415。天线 415 有一预定增益。也有一个导频信号功率检测器电路 420 连接天线 415, 该导频信号功率检测器电路 420 检测其接收的由无线收发信机 401 发射的导频信号的功率电平。用于在接收机

410 检测同信道干扰功率电平的同信道干扰功率 (CCIP) 检测器电路 421 也连到接收机 410。一个存储单元 425 连接导频信号功率检测器 420 和同信道干扰功率检测器 421。存储单元 425 有一存储接收的导频信号功率电平当前值的存储器 426 和一个存储同信道干扰功率电平的存储器 427。存储单元 425 也有分别用于存储无线收发信机 401 发射的导频信号的预定功率电平、天线 415 的增益值、和 CIR 预定目标值的存储器 428—430。

一个象中央处理器这类的通用处理器 435 连接到存储单元 425 和发射机 412。用功能元件 436 为处理器 435 编程以检索存储在存储单元 425 中的信息。功能元件 437 也为处理器 435 编程, 根据接收的如上所述导频信号功率电平计算信号通路的增益。另外还用功能元件 438 为处理器 435 编程以指示发射机 412 向无线收发信机 401 发射包括 CIR 预定目标值、测出的同信道干扰功率电平、和算出的信号通路增益的功率控制数据。

图 6 说明一对典型无线收发信机 500 和 501 的第二个实施例。正如前对无线收发信机 400 和 401, 每对无线收发信机 500 和 501 可以分别作为系统 1 中的基站和移动设备。如前所述, 假设无线收发信机 500 和 501 可经一全双工无线信道通信。同样应该理解, 两个无线收发信机 500 和 501 的作用可以互换。两个实施例的主要区别是两对无线收发信机中哪个无线收发信机有计算 CIR 预定目标值与测出的同信道干扰功率电平和算出的信号通道增益的积的元件。

无线收发信机 500 有一个接收无线收发信机 501 在第一频带发射的无线信号的接收机 510, 和一个在第二频带向无线收发信机 501 发射无线信号的发射机 512。同样, 无线收发信机 501 有一个接

收无线收发信机 500 在第二频带发射的无线信号的接收机 450, 和一个在第一频带发射无线信号的发射机 452。

无线收发信机 501 有一个连接接收机 550 和发射机 552 的天线 555。一个产生导频信号的导频信号发生器 560 连接天线 555, 无线收发信机 501 以一预定功率电平发射该导频信号。无线收发信机 501 还有一个存储象从无线收发信机 500 接收的功率控制数据这类信息的存储单元 465。存储单元 565 与接收机 550 连接并有一个用于存储 CIR 预定目标值与算出的信号通路增益的倒数和测出的同信道干扰功率电平相乘算到的积的存储器 570。第二个实施例中, 积被从无线收发信机 500 向无线收发信机 501 发射后存储在存储器 570 中。

用功能元件 576 为一个象中央处理器这样的通用处理器 575 编程, 响应从时钟装置 572 接收的信号检索存储器 570 的内容, 时钟装置 572 可以与时钟装置 472 相同。如第一个实施例, 功能元件 578 为处理器 575 编程以确定来自存储器 570 的修正值是否大于一最大允许功率或小于一最小允许功率。如果修正值大于最大允许功率, 处理器 475 被进一步编程, 通过调整其等于最大允许功率改变修正值, 如果修正值小于最小允许功率, 通过调整其等于最小允许功率改变修正值。其它情况下, 处理器 575 不改变来自存储器 570 的修正值。

同样, 如第一个实施例, 处理器 575 的一路输出连接发射功率控制电路 571。发射功率控制电路 571 根据从处理器 575 接收的值调节发射机 552 发射信号的功率。结果是发射功率控制电路 571 这样调节发射机 552 发射信号的功率: 当得出的的积在最大和最小功率电平范围内时, 发射机 552 发射信号的功率乘天线 555 的增益等

于无线收发机 550 预先发射的乘积值。

无线收发信机 500 的配置如第一个实施例,也有一个天线 515、一个接收机 510 和一个发射机 512。天线 515 有一预定增益。同样有一个导频信号功率检测器电路 520 连接天线 515,该导频信号功率检测器电路 520 检测其接收的由无线收发信机 501 发射的导频信号的功率电平。另外,同信道干扰功率(CCIP)检测器电路 521 连到接收机 510 用于在接收机 510 检测同信道干扰功率电平。一个存储单元 525 连接导频信号功率检测器 520 和同信道干扰功率检测器 521。存储单元 525 有一存储接收的导频信号功率电平当前值的存储器 526 和一个存储同信道干扰功率电平的存储器 527。存储单元 525 也有分别用于存储无线收发信机 501 发射的导频信号的预定功率电平、天线 515 的增益值、和 CIR 预定目标值的存储器 528—530。

一个象中央处理器这样的通用处理器 535 连接到存储单元 525,并用功能元件 536 为处理器 535 编程以检索存储在存储单元 525 中的信息。功能元件 537 也为处理器 535 编程,根据接收的如上所述导频信号功率电平计算信号通路的增益。另外还用功能元件 539 为处理器 535 编程,计算 CIP 预定目标与测出的同信道干扰功率电平和算出的信号通路增益一起相乘的积。最后,用功率元件 540 为处理器 535 编程,以指示发射机 512 向无线收发信机 501 发射包括算出的积的功率控制数据。

虽然本发明是通过具体实施例描述的,如上面所述,这些实施例是用来说明本发明。很明显,对于该领域的普通技术人员,从上面给出和讨论的具体实施例,在不脱离本发明精神和范围的情况下可以做出修改。因此,本发明只由附属的权利要求限定。

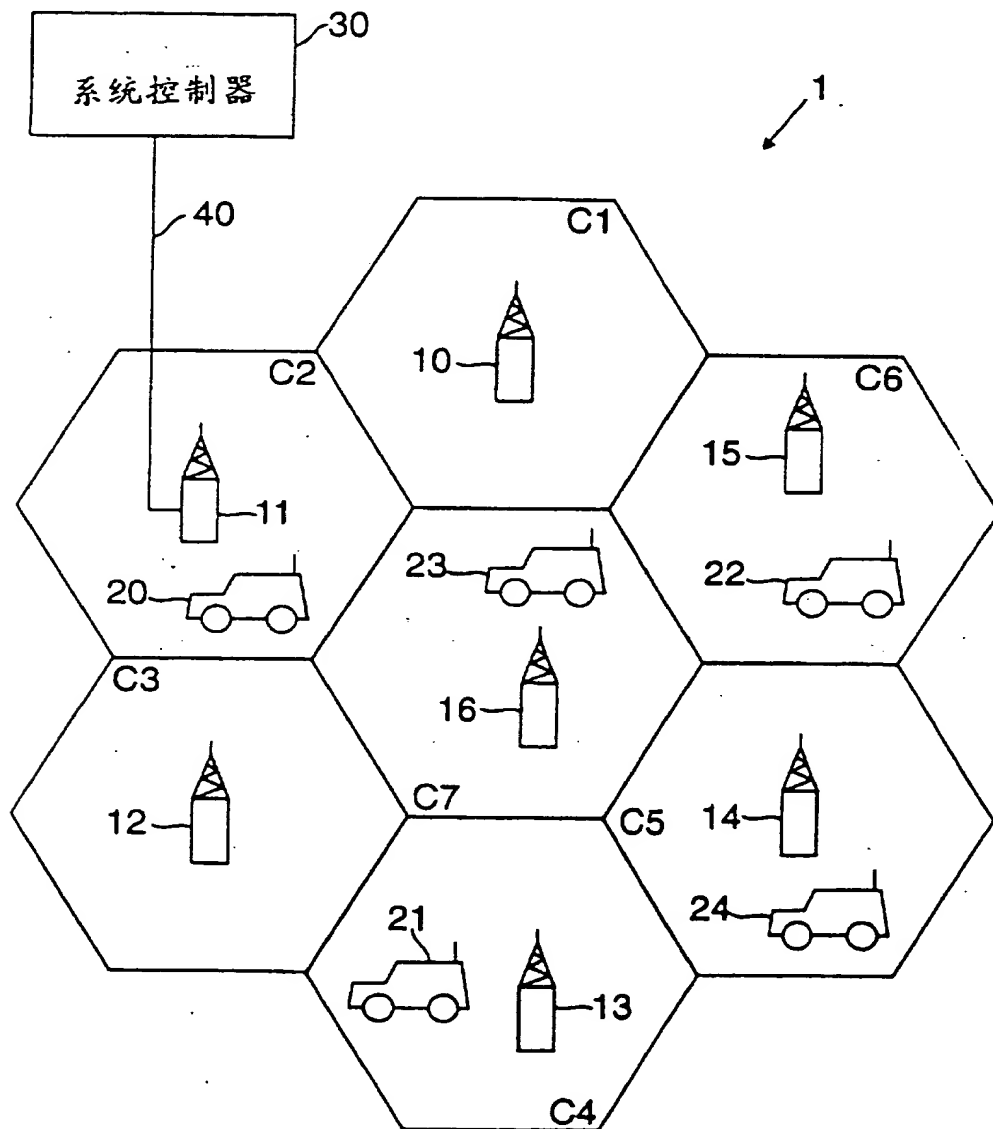


图1

图. 2

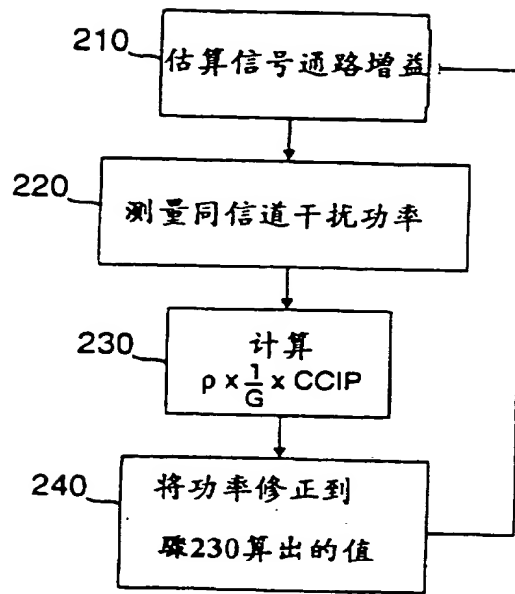


图. 3A

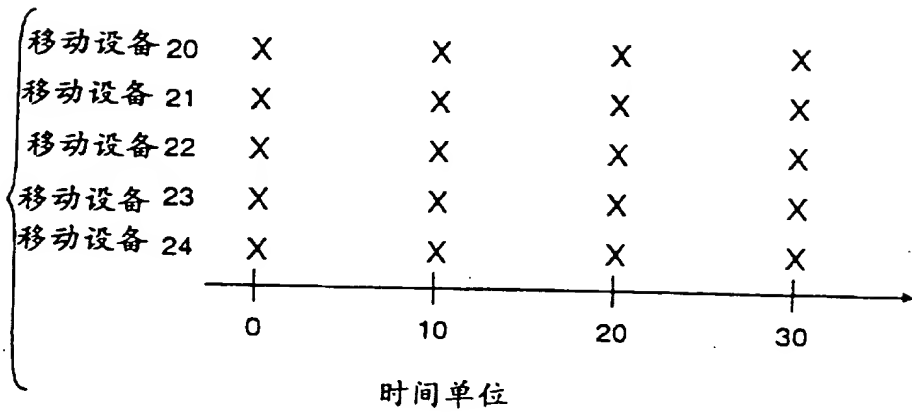
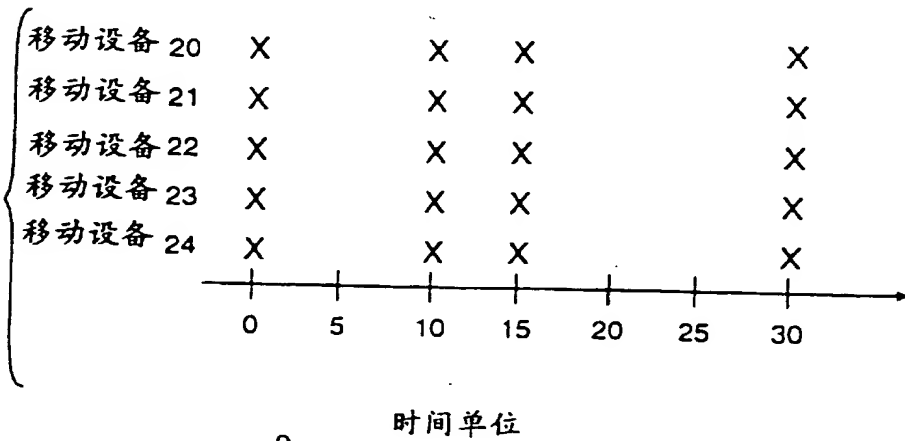


图. 3B



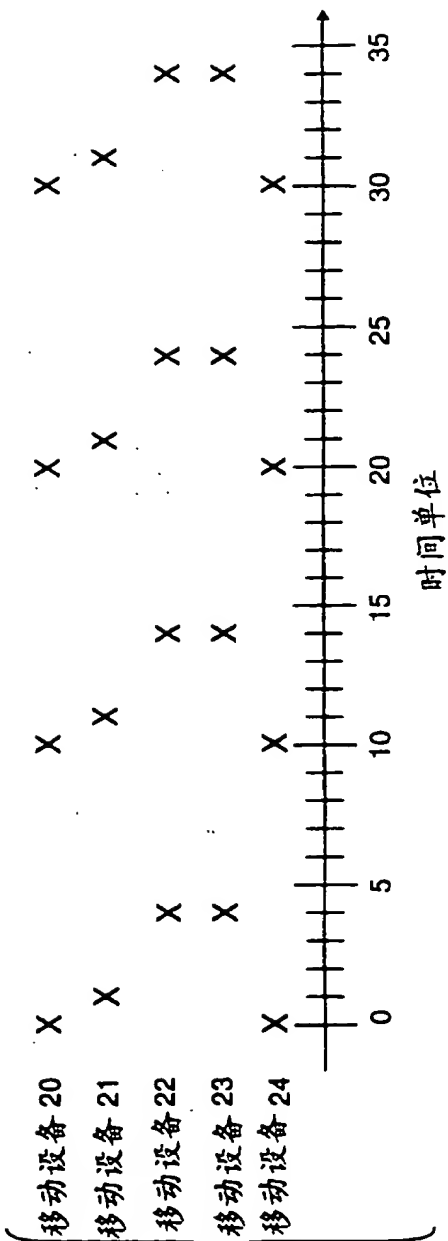


图 3C

- 3 -

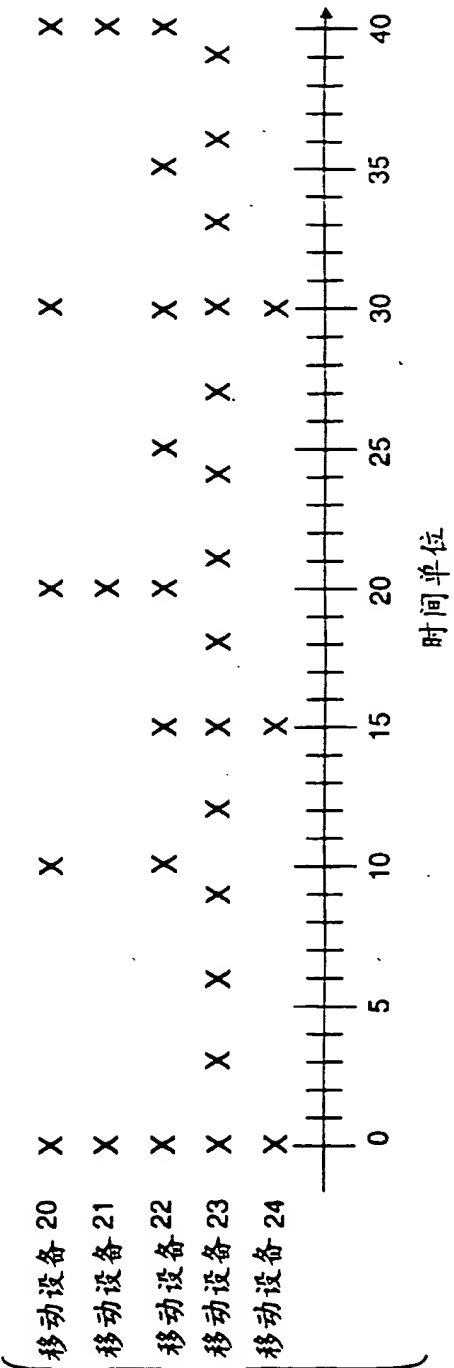
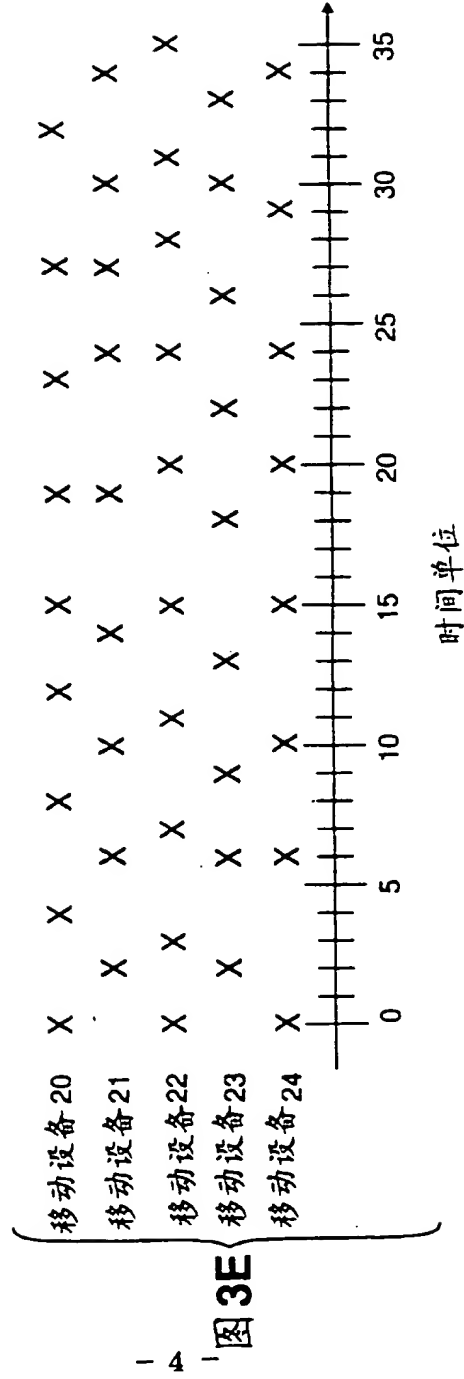


图 3D



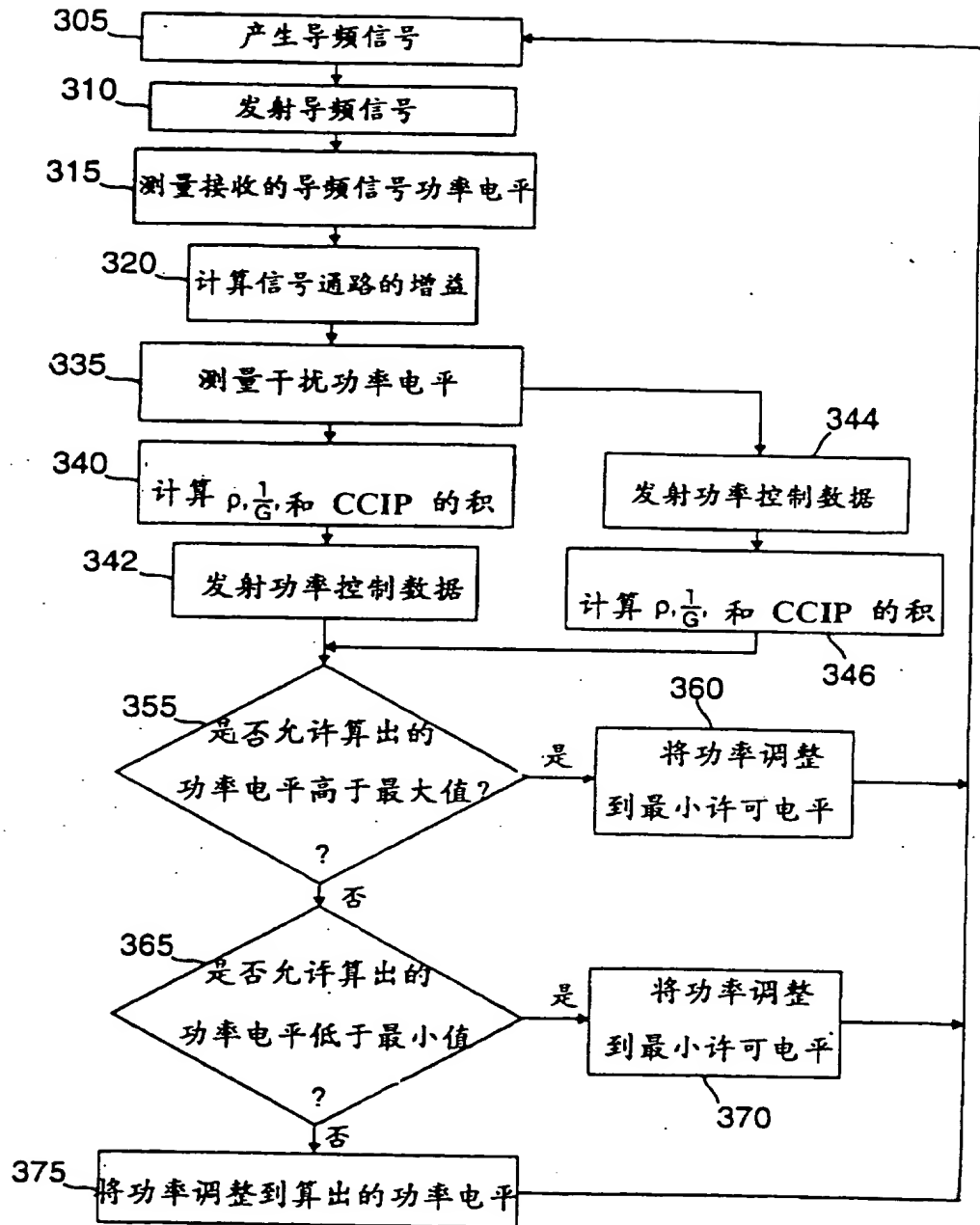


图 . 4

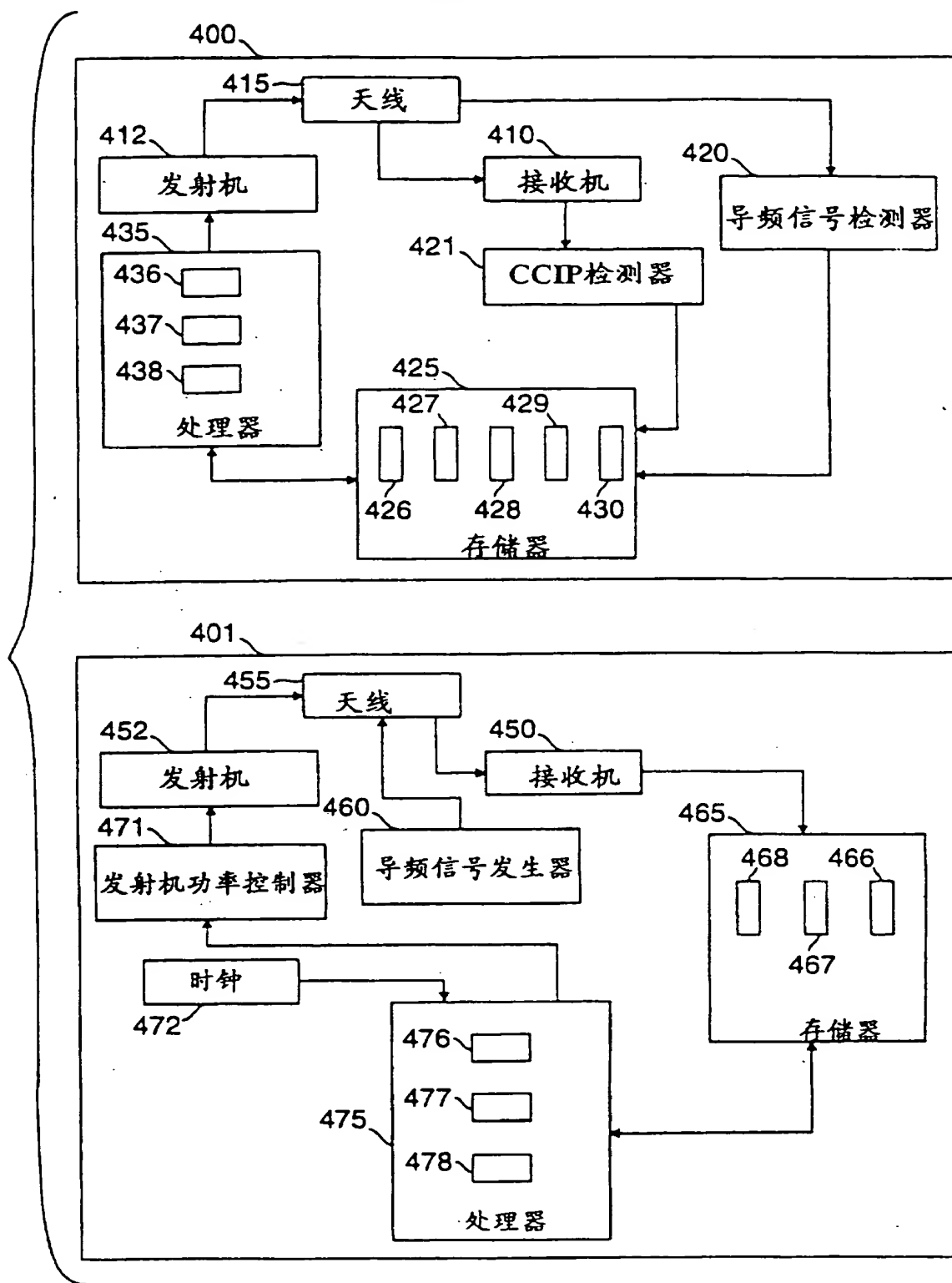


图 . 5

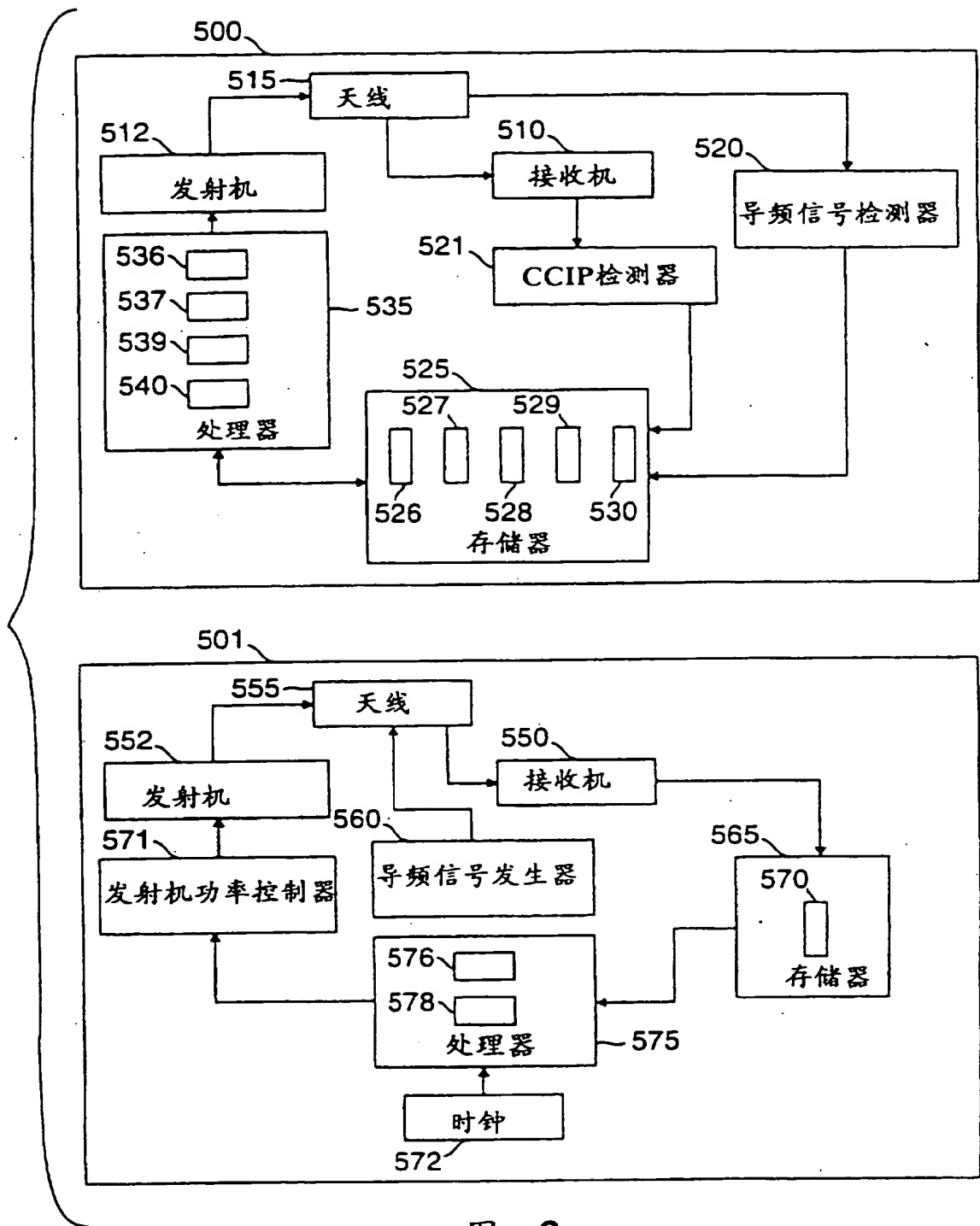


图 . 6